ISSN 1561-5359. Штучний інтелект, 2020, № 1

УДК 004.891:004.934.2

М.С. Клименко
Інститут проблем штучного інтелекту МОН і НАН України, Україна
пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ, 03680

РОЗРОБЛЕННЯ ЗНАННЯ ОРІЄНТОВАНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

M.S. Klymenko
Institute of artificial intelligence at MES and NAS of Ukraine, Ukraine
Akademician Glushkov Ave., 40, Kyiv, 03680

DEVELOPMENT OF KNOWLEDGE ORIENTED DECISION MAKING SUPPORT SUBSYSTEM FOR INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEM

У статті запропоновано розширення структури інтелектуальної інформаційної системи за допомогою знання орієнтованої підсистеми підтримки прийняття рішень. Наведено опис інтелектуального робочого місця. На основі цього запропоновано основні процедури підсистеми: створення бази знань та пошуку в ній відповідних реакцій на задану дію. Описано структуру та етапи створення бази знань на основі аналізу правил, які задані природною мовою. Обґрунтовано переваги даного підходу в порівнянні із поширеними підходами на основі нейронних мереж.

Ключові слова: інтелектуальне робоче місце, онтологія, семантичний аналіз

It is proposed to expand the structure of the intelligent information system with an addition of knowledge-oriented decision support subsystem. The description of an intellectual workplace is given. Based on this, the main procedures of the subsystem are proposed: the creation of a knowledge base and the search for appropriate responses to a given action. The structure and stages of creating a knowledge base based on the analysis of rules set in natural language are described. The advantages of this approach in comparison with the common approaches based on neural networks are substantiated.

Keywords: intellectual workplace, ontology, semantic analysis

Вступ

На сьогоднішній день у світі спостерігається завершальний етап впровадження інформаційних систем у більшості сфер побуту, промисловості та науки. Розробка інтелектуальних інформаційних систем, навпаки, лише набуває розвитку, але вже знаходить широке застосування в завданні взаємодії із користувачем у режимі «питання-відповідь». Іншим напрямом інтелектуальних інформаційних систем є експертні системи, завданням яких є моделювання розумової активності експерта в певній галузі для однієї або декількох задач. Результатом роботи експертної системи може бути як аналіз цільового процесу, так і прийняття рішення на основі даного аналізу. Незалежно від результату, даний тип інтелектуальної інформаційної системи в своїй роботі покладається на базу знань, у якій формалізовано підмножину знань експерта, що необхідна для виконання поставлених задач.

У наведеній роботі пропонується розробка компоненту інформаційної системи інтелектуального робочого місця користувача – підсистеми підтримки прийняття рішень.

Постановка задачі

Метою цієї роботи є побудова знання орієнтованої підсистеми, робота якої буде узгоджена із структурою інформаційної системи. Для досягнення мети буде визначено структуру інтелектуального робочого місця користувача, описано функціональні особливості компонентів, їх взаємодію із підсистемою підтримки прийняття рішень. На основі цього буде запро-

поновано схему основних процедур підсистеми та описано етапи їх роботи.

Опис структури інтелектуальної інформаційної системи

У якості базового рівня розумного середовища прийнятий сучасний інтернет у вигляді його інфраструктурної надбудови – Semantic Web, яка обслуговує запити користувачів і комп'ютерних систем, забезпечуючи автоматизовану обробку інформації на основі сформованих метаданих, комп'ютерних онтологій, агентних технологій і дескриптивної логіки. Виходячи з цього, Semantic Web має трирівневу архітектуру: базис, базовий сервіс, сервіси додатків. Дана інфраструктурна надбудова працює на основі стандартів і специфікацій (XML, RDF, OWL) [1]. Усі інші рівні розумного середовища також використовують інфраструктуру інтернету, розширюючи функціональні можливості убік знання орієнтованих сервісів, розвитку мережевої інфраструктури, інтелектуалізації процесу взаємодії користувача із зовнішнім середовищем. Ці функції виконує верхня надбудова Semantic Web – глобальна мережа знань, результат інтеграції трансдисциплінарних знань у єдиній науковій картині Світу. На цьому ж рівні перебуває сервісна система, яка обслуговує запити користувача в частині розв'язання проблемно орієнтованих завдань у рамках системи глобальної мережі знань, виконуючи функції інтелектуального вирішувача задач із точно визначеною заданою областю компетенції. Сервісна система взаємодіє із глобальною мережею знань, а також із системою розподіленої електронної свідомості, яка, стосовно сервісної системи, виконує вирішальну функцію, аналогічно взаємодії свідомості й інтелекту в людині, забезпечуючи сервісну систему множиною установок, критеріїв і обмежень. Система розподіленої електронної свідомості виконує протокольну функцію у взаємодії людини із зовнішнім середовищем і собі подібними, розвантажуючи користувача від прийняття рішень в штатних ситуаціях, направляючи його свідомість і інтелект на розв'язок творчих задач і реакцій на позаштатні ситуації. Безпосередню взаємодію із зовнішнім середовищем здійснюють первинні сенсорні мережі, smart-системи й інтернет речей (IoT). Сенсорні мережі − це бездротові функціонально орієнтовані самоврядні системи, з територіально розподіленою архітектурою, споряджені процесорними сенсорними елементами, радіоканалами і автономним живленням та реалізовані за досконалою мікроелектронною технологією. З ними тісно зв'язаний клас smart-систем – інтелектуальних, автономних або комбінованих приладів, обладнань і систем з різними функціями технічного інтелекту, здатних сприймати сигнали навколишнього світу (сенсорні вузли), ухвалювати розв'язки й управляти процесами (виконавчі вузли) в рамках заданої компетенції, зв'язуватися по вбудованих каналах зв'язку із сучасними центрами, працювати в складі систем зі зворотним зв'язком і в конвергентному середовищі. Smart-системи – це різновид різних IoT, орієнтованих на конкретні додатки. Система розподіленої електронної свідомості – це мережева структура, що зв'язує між собою взаємодіючі персоніфіковані, інтелектуальні, інформаційні системи (комп'ютери з функціями штучного інтелекту), кожна з яких представляє інтелектуальне робоче місце потенційного користувача, що керується у своїй діяльності погодженими між собою заданими користувачем цілями [1].

Розглядаючи інтелектуальне робоче місце користувача як інформаційну систему, слід виокремити роль підсистеми підтримки прийняття рішень. Дана підсистема отримує від сенсорних мереж інформацію про оточуюче середовище, виокремлює наміри (або завдання) користувача та на основі наявної онтології виконує роль локального інтелектуального вирішувача задачі корекції загального плану роботи інформаційної системи. Підсистема має пріоритетний доступ до засобів зворотного зв’язку із користувачем в рамках окремого робочого місця.

Підсистема підтримки прийняття рішень взаємодіє із підсистемою онтологічного управління, яка являє собою понятійний каркас знань предметних областей. Сервісна підсистема в обсягу персональних знань відпрацьовує запити користувача на основі онтологічних моделей користувача й зовнішнього середовища.

Знання орієнтована підсистема підтримки прийняття рішень

Як було зазначено вище, сенсорні мережі можуть надавати інформацію як визначену специфікаціями, так і у неструктурованому вигляді. Побудова знання орієнтованої системи на основі сукупного аналізу даних породжує значне зростання як обчислювальної складності функціонування підсистеми, так і онтології. У рамках даної статті розглянемо роботу із вхідними даними у вигляді природномовного тексту. У даний формат можна частково екстрагувати інформацію з аудіо- та відео-сенсорних мереж (засобами text-to-speech, image-to-text методів). Таким чином, переважна більшість сенсорних даних буде задіяною в рамках розроблюваної підсистеми.

Застосування наведеного обмеження, функціоналу знання орієнтованої підсистеми підтримки прийняття рішень полягатиме в отриманні вислову, поданого природною мовою (формулювання намірів чи дій) і виведенні результату як множини можливих дій інтелектуальної інформаційної системи.

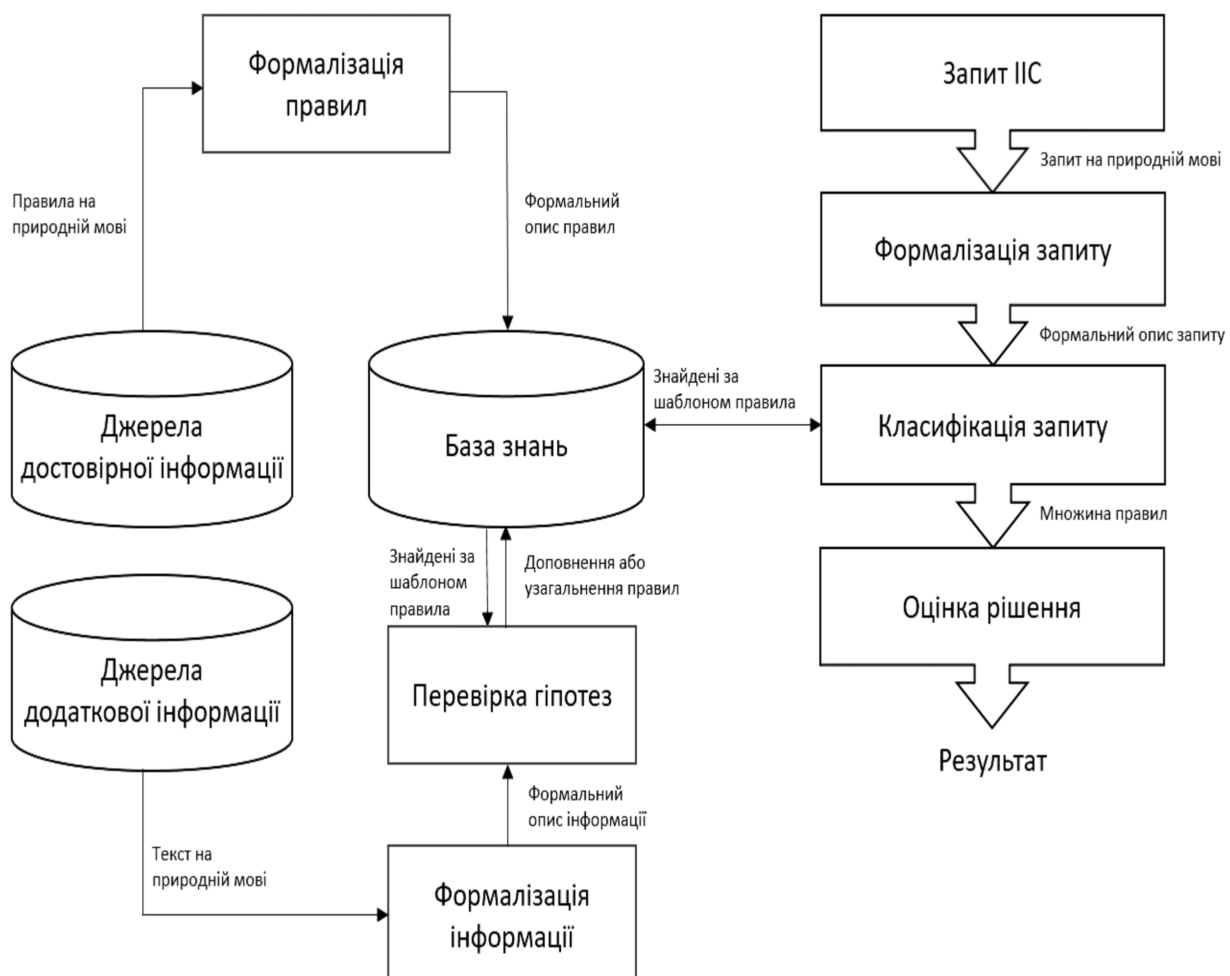


Рис. 1. Схема процедур навчання та оцінки знання орієнтованої підсистеми підтримки прийняття рішень

За відсутності правил, що чітко описують модель реакції на дію, результат може не містити реакцій. Відповідно до наведеної схеми основних процедур підсистеми (рис. 1), для вирішення задачі необхідно здійснити машинне навчання класифікатора дій за набором правил, критеріїв оцінки дій. Оскільки правила надаються природною мовою, вони потребують формалізації або попередньої обробки, залежно від обраної моделі класифікатора. Переважна більшість сучасних наукових праць із семантичного аналізу висловлювань на природній мові використовують нейромережеві підходи машинного навчання [2, 3]. Такі підходи особливо підходять для завдань "питання-відповідь". Функціонал знання орієнтованої підсистеми, запропонований у цій роботі, також можна віднести до цього типу завдань. Нейромережевий підхід зарекомендував себе завдяки відсутності необхідності попередньої обробки текстових даних вручну (використання трансформерів) та можливості застосування навченої лінгвістичної моделі для різних завдань без її модифікації. Однак розширення лінгвістичної моделі стає проблематичним, а усунення помилок у ній або інструменти для її ручного аналізу фактично не надаються користувачеві. Якщо завдання додаткового навчання на основі даних користувачів (або у взаємодії з учителем) практично вирішується за допомогою навчання із підкріпленням, то аналіз створеної семантичної бази, сформованої на великому текстовому корпусі, досі не проводиться [4]. Іншим важливим обмеженням обробки природного мовлення за допомогою нейромережевого підходу є заздалегідь визначена глибина семантичного квантування контексту кожного терміна. Це обмеження виникає через розмірність векторів, які є кодованими поданнями слів. У сучасних прикладних проблемах це обмеження не є суттєвим, оскільки семантичний контекст завдань також часто обмежений. Однак теоретично все ще існує проблема аналізу контексту термінів та точок семантичної уваги при аналізі злитого мовлення [5].

У розглянутій роботі пропонується реалізувати семантичну базу знань у формі взаємозв'язків між концептами та правилами, заснованими на них. Цей підхід знімає обмеження розмірності множини термінових контекстів. Але існує необхідність формалізувати текстові висловлювання для процедур формування бази знань, а також пошуку відповідних правил для даного висловлювання в ній.

Процедура навчання (перший етап) починається з послідовної обробки надійних джерел інформації, що містять діючі правила. Другий етап навчання – це обробка додаткових джерел інформації. Різниця між цими етапами полягає у попередній перевірці на наявність суперечностей із існуючими правилами в базі знань. Якщо конфліктів немає, база знань оновлюється. Процедура аналізу дії (головної функції підсистеми підтримки прийняття рішень) аналогічним чином формалізує твердження, що містить дії чи наміри. Потім виконується пошук у базі знань повністю або частково відповідних правил, а результат підсистеми формується на основі обраного набору правил.

Формалізація правил здійснюється в кілька етапів: граматичний аналіз, семантичний аналіз правил, трансляція у терміни бази знань, оновлення концептуального рівня бази знань [6]. На першому етапі визначаються морфологічні властивості слів і будується синтаксична структура кожного висловлювання. Потім здійснюється семантичний пошук залежностей між предикатними структурами частин речень або їх сукупністю й кілька речень об'єднуються в одне твердження. Якщо в результаті цього кроку знайдено твердження, що описує можливу реакцію на зазначену дію, то терміни транслюються у відповідні сутності бази знань, а твердження в формі правила передається для додавання до бази знань. Перед доданням правила до бази знань здійснюється перевірка на наявність того самого прави-

ла або правила, що суперечить доданому. Оскільки правила формуються у формі предикатних структур, то може виникати конфлікт двох правил $R_a\{Obj_a, Attr(Obj_a), Mov_a, Attr(Mov_a)\} \rightarrow Dec_a$ та $R_b\{Obj_b, Attr(Obj_b), Mov_b, Attr(Mov_b)\} \rightarrow Dec_b$, де Mov – визначена дія; Obj – об'єкт дії; $Attr$ – атрибути дії або об'єкту. Наявність конфлікту визначається у випадку, коли:

$$\begin{aligned} &Dec_a \neq Dec_b \ \cup \ Obj_a = Obj_b \ \cup \\ &Attr(Obj_a) \ = Attr(Obj_b) \ \cup \\ &Mov_a = Mov_b \ \cup \\ &Attr(Mov_a) = Attr(Mov_b) \end{aligned} \qquad (1)$$

Якщо виявлено конфлікт правил, пропонується пропустити додавання нового правила. Якщо воно надійшло з надійного джерела, правило зберігається окремо від бази знань для подальшого вирішення шляхом використання статистичних оцінок тверджень або логічних висновків у процесі подальшої обробки джерел інформації [7]. Цей підхід не є оптимальним з позиції оперативного оновлення концептуального рівня. Пошук оперативного рішення для врегулювання конфліктів є одним із нагальних завдань подальших досліджень у цій роботі.

Для можливості ручного аналізу бази знань та швидкого пошуку правил, пропонується структура сховища, яка базується на реляційній системі управління базами даних із відокремленням термінів і понять, які вони описують [8]. Це дає можливість створити базу знань, сформовану на джерелах інформації, незалежно від мови викладення. Концептуальний рівень бази знань, представлений у формі відносин між парами понять (концептів) з урахуванням їх атрибутів. Кожне співвідношення між поняттями є також їх атрибутом, що дає змогу уніфікувати опис правил у таблицях «Поняття» та «Атрибути». Крім того, за необхідності може бути вказаний тип атрибута, який визначається іншим поняттям. Значення атрибута подається у цифровій, текстовій формі або посиланням на поняття. Для вирішення колізій правил статистичним методом, підсистема використовує імовірнісну оцінку атрибутів відносин. Таким чином, при пошуку правила в базі знань вибираються найбільш вірогідні атрибути взаємозв'язку між поняттями. Коли знайдено нове суперечливе правило, імовірнісні оцінки перераховуються, не втручаючись у предикатну структуру правил. Термінологічна частина бази знань складається з текстового подання (кореня слова) та сукупності його морфологічних характеристик. Морфологічні особливості служать вихідними ознаками на етапі граматичного аналізу.

Висновки

У статті запропоновано розширення структури інтелектуальної інформаційної системи [1] за допомогою знання орієнтованої підсистеми підтримки прийняття рішень. Продовженням цієї роботи може стати програмна реалізація описаних процедур навчання та пошуку відповідної реакції на вхідні дії.

Застосування описаної підсистеми покликано оптимізувати функціонал інтелектуального робочого місця користувача за рахунок оперативного реагування на вхідні задачі. Засоби аналізу команд на природній мові також можуть бути використані кінцевими smart-системами або іншими підсистемами онтологічного управління.

Література

1. Палагін О.В. Ноосферна парадигма розвитку науки та штучний інтелект / О.В. Палігін, О.П. Кургаєв, А.І. Шевченко // Кібернетика і системний аналіз. – 2017. – Т. 53. - №4. – С. 12-21.
2. Chernyshov A., Balandina A. Overview of Natural Language Processing Approaches in Modern Search Engines / Biologically Inspired Cognitive Architectures. – 2019. - Springer International Publishing. – P. 54-59.
3. Stansfield C., O'Mara-Eves A., Thomas J. Text mining for search term development in systematic reviewing: a discussion of some methods and challenges / Res Synth Methods 8(3). – 2017. – P. 355–365.
4. Warnell, G., Waytowich, N., Lawhern, V., & Stone, P. Deep tamer: Interactive agent shaping in high-dimensional state spaces. In Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2018.
5. JIN, Di, et al. Is BERT Really Robust? A Strong Baseline for Natural Language Attack on Text

Classification and Entailment. arXiv, 2019, arXiv: 1907.11932.
6. Kurdi M.Z. Natural language processing and computational linguistics 2: semantics, discourse and applications. - vol 2. - Wiley, Hoboken, - 2017.
7. Shevchenko A.I. Natural Human Intelligence - the Object of Research for Artificial Intelligence Creation. IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, Lviv, 2019.
8. Клименко М.С. Удосконалений метод розпізнавання емоційного стану диктора із семантичним аналізом змісту. Штучний інтелект, 2018, 1, 22-27.

References

1. Palagin O.V. Noosferna paradygma rozvytku nauky ta shtuchnyj intelekt / O.V. Paligin, O.P. Kurgayev, A.I. Shevchenko // Kibernetyka i systemnyj analiz. – 2017. – T. 53. - #4. – S. 12-21.
2. Chernyshov A., Balandina A. Overview of Natural Language Processing Approaches in Modern Search Engines / Biologically Inspired Cognitive Architectures. – 2019. – Springer International Publishing. – P. 54-59.
3. Stansfield C., O'Mara-Eves A., Thomas J. Text mining for search term development in systematic reviewing: a discussion of some methods and challenges / Res Synth Methods 8(3). – 2017. – P. 355–365.
4. Warnell, G., Waytowich, N., Lawhern, V., & Stone, P. Deep tamer: Interactive agent shaping in high-dimensional state spaces. In Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2018.
5. JIN, Di, et al. Is BERT Really Robust? A Strong Baseline for Natural Language Attack on Text Classification and Entailment. arXiv, 2019, arXiv: 1907.11932.
6. Kurdi M.Z. Natural language processing and computational linguistics 2: semantics, discourse and applications. - vol 2. - Wiley, Hoboken, - 2017.
7. Shevchenko A.I. Natural Human Intelligence - the Object of Research for Artificial Intelligence Creation. IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, Lviv, 2019.
8. Klymenko M.S. Udoskonalenyj metod rozpiznavannya emocijnogo stanu dyktora iz semantychnym analizom zmistu. Shtuchnyj intelekt, 2018, 1, 22-27.

RESUME

M.S. Klymenko

Development of knowledge-oriented decision making support subsystem for intellectual information system

The purpose of this work is to develop a knowledge-oriented subsystem, which will be consistent with the structure of the information system. To achieve this goal, the structure of the user's intelligent workplace was determined, the functional features of the components, their interaction with the decision support subsystem were described. Based on this, a scheme of the main procedures of the subsystem was proposed and the stages of their work were described. This subsystem receives from the sensor networks information about environment, identifies the intentions (or tasks) of the user and on the basis of the existing ontology performs the role of local intelligent solver of the problem of correction of the overall plan of the information system. The subsystem has priority access to user feedback within a single workstation.

Knowledge-oriented systems can be configured to work with different types of data. In this article the processing of input data in the form of natural language text is considered. This format was chosen for reasons of versatility (you can partially extract information from audio and video sensor networks by means of text-to-speech, image-to-text methods) and convenience (interaction with the user).

The article describes the structure of the knowledge base used by the decision support subsystem. To enable manual analysis of the knowledge base and quick search for rules, a repository structure is proposed, which is based on a relational database management system with a separation of terms and concepts that they describe. The conceptual level of the knowledge base is presented in the form of relations between pairs of concepts, taking into account their attributes. Each relationship between concepts is also an attribute, which allows you to unify the description of the rules in the database tables. The problem of conflict of input rules is described and it is offered to solve this problem using statistical estimations of rules.

Continuation of this work can be a software implementation of the described training procedures and finding an appropriate response to input actions.

Надійшла до редакції 5.12.2019